УДК 621.9.06:628.5

С.А. ШАМШУРА

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА УЧАСТКЕ ВИБРОУДАРНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Участки виброударного упрочнения изделий характеризуются повышенными уровнями вибрации и излучаемого шума. Экспериментальные исследования показали характерные для данного типа оборудования особенности виброакустических характеристик, выявленные закономерности могут быть использованы для выбора технических решений системы виброшумозащиты операторов.
Ключевые слова: *виброакустические характеристики, виброударное упрочнение, рабочая зона.*

Введение. В статье изучены закономерности формирования спектров вибрации несущей системы станка и присущие ему особенности спектров шума.

Исследование особенностей процесса шумообразования станков для виброударного упрочнения труб лонжеронов исследовали на стенде, представляющем собой крупногабаритную конструкцию. Для проверки равномерности интенсивности звукового излучения и диффузности звукового поля замеры уровней звука и звукового давления производились в нескольких точках. При этом микрофон устанавливался на расстоянии 1 м от корпуса стенда и на высоте 1,5 м от уровня пола. Замеры уровней звука и уровней звукового давления производились с шагом 1,5 м по периметру стенда.

Результаты исследований. Установлено, что шумовые характеристики во всех точках измерения различаются не более чем на 3 дБ, что говорит о диффузном характере звукового поля (табл.1). Аналогичные результаты получены при измерении вибраций на вибрирующей раме и контейнерах. Необходимо отметить очень высокое превышение шумовых характеристик в сравнении с санитарными нормами (рис. 1), которое достигает 31 дБА по уровню звука и 33 дБ по уровням звукового давления.

Таблица 1

Уровень шума вибростенда в контрольных точках

Номер точки	Уровень звукового давления (дБ) в октавных интервалах частот, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	104	105	103	102	100	103	101	96	94	108
2	105	105	100	103	104	104	104	99	97	109
3	106	104	103	107	104	106	106	99	98	110
4	106	106	103	104	104	105	105	99	97	110
5	106	108	104	105	104	106	106	99	97	111
6	103	108	103	102	100	102	100	98	97	110
7	102	106	102	104	102	102	100	96	94	108
8	102	107	104	102	101	102	102	98	94	109
9	105	105	107	104	104	102	104	99	95	109
10	102	107	107	103	103	104	102	99	95	110
11	102	106	102	105	103	105	103	99	96	111
12	102	105	102	103	103	104	102	99	97	110

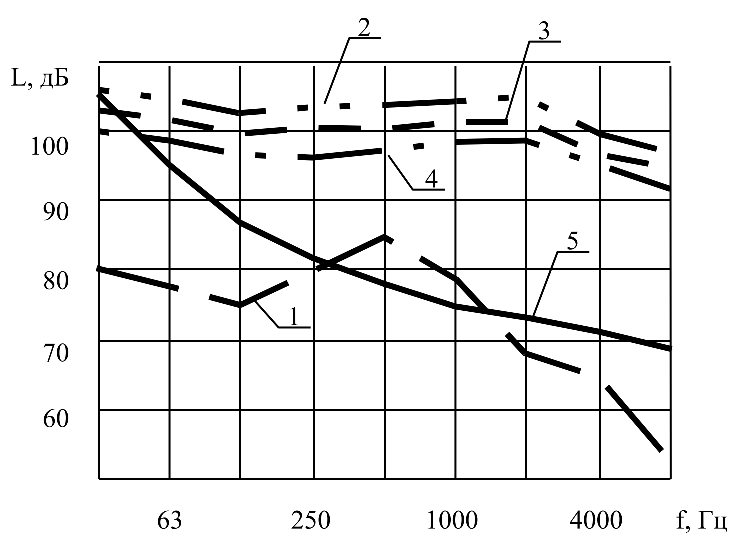


Рис.1. Спектры шума стенда: 1 – двигатель; 2 – стенд в рабочем режиме; 3 – холостой ход стенда; 4 – только рама; 5 – предельный спектр

Для данного оборудования характерными особенностями, отличающими его от большинства технологических машин механической обработки, являются следующие: практически равномерная интенсивность составляющих спектра в широкой полосе частот 31,5-2000 Гц, где разница в уровнях не превышает 2-3 дБ, что сравнимо с точностью измерений; превышение уровней звукового давления наблюдается практически по всему нормируемому частотному диапазону; уровень холостого хода, т.е. в режиме, когда измерения проводились без лонжеронов и шариков в контейнерах, также превышает норматив во всем нормируемом диапазоне. Уменьшение уровня шума холостого хода в сравнении с рабочим режимом относительно невелико и составляет 3-6 дБ в интервале частот 31,5-2000 Гц и 2-3 дБ – в высокочастотной части спектра 4000-8000 Гц. Таким образом, даже на холостом ходу уровни шума превышают предельно допустимые значения на 10-27 дБ в широкой полосе частот 124-8000 Гц. Измерения показали, что характер спектра практически полностью идентичен спектру шума стенда в сборе как в холостом, так и в рабочем режиме.

Превышение уровней шума в данном случае над предельно допустимыми значениями составляет 8-25 дБ. Шум только двигателей уже создает превышение норматива на 3-5 дБ в среднечастотной части спектра 500-1000 Гц. Характер спектров виброскорости на контейнерах и вибрирующей раме идентичен как в рабочем режиме (рис.2), так и на холостом ходу (рис. 3).

Увеличение уровней вибраций на контейнерах в рабочем режиме в сравнении с холостым ходом составляет 4-7 дБ, а на вибрирующей раме изменение уровней вибрации не превышает 2 дБ. Эти данные подтверждают правильность теоретического подхода к описанию виброакустической динамики стенда. Необходима теоретическая оценка воздействия рабочей среды (в данном случае шариков) на уровне шумо- и вибрации контейнеров.

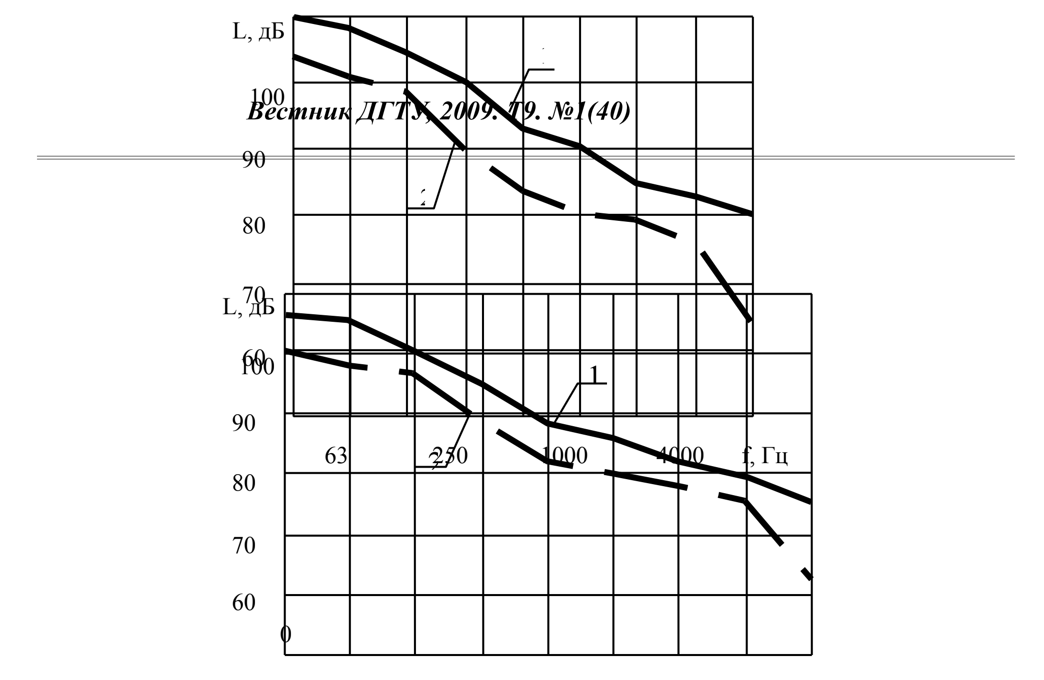


Рис. 2. Спектры вибраций в рабочем режиме: 1 – контейнера; 2 – вибрирующей рамы

0

Рис. 3. Спектры вибраций холостого хода: 1 – контейнера; 2 – вибрирующей рамы

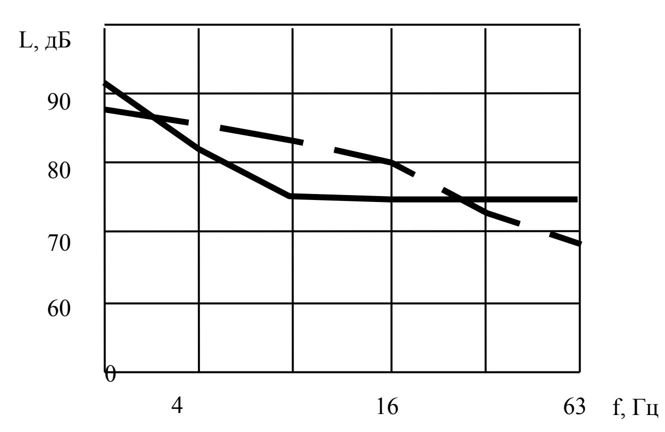


Рис. 4. Спектры вибрации на рабочем месте: —— – норматив; - - - – уровни виброскорости

Следует отметить превышение уровней виброскорости на рабочем месте над нормативными значениями на 4-6 дБ в интервале от 4 до 16 Гц (рис. 4).

Погрешность измерения уровней шума и вибрации складывается из суммы неисключенной систематической погрешности θ и случайной составляющей ε.

Неисключенная систематическая погрешность обуславливается:

–погрешностью измерительных приборов соответственно при измерении уровней звукового давления и виброскорости $\theta_{Ш}$ ($\theta_{В}$);

–погрешностью измерения $\theta_{И}$.

Погрешность измерительных приборов определяется их классом в соответствии с нормативно-технической документацией (паспортом, инструкцией по эксплуатации или поверочным свидетельством). Так как при измерении шума и вибрации использовали измерительный прибор ВШВ-003-Н2, то $\theta_{Ш} = \theta_{В} = \pm 8\%$.

Погрешность измерения $\theta_{И}$ обуславливается погрешностью измерения шума (вибрации), определяемой по формуле

$$\theta_{И} = \sqrt{130/L}\,. \quad (1)$$

Неисключенная систематическая погрешность определяется по формуле

$$\theta = \sqrt{\theta_{Ш}^2 + \theta_{И}^2}\,. \quad (2)$$

Для оценки случайной составляющей погрешности результата измерения проводились по три наблюдения на минимальном, среднем и максимальном постоянных уровнях соответственно звукового давления и виброскорости в заданных точках. При этом определяли:

–среднее арифметическое значение измеренных уровней звукового давления L, дБ;

–среднее арифметическое значение уровней виброскорости L_V, дБ;

–среднеквадратичное отклонение результата наблюдения по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(L_i - L_{ni}\right)^2}\,, \quad (3)$$

где n – число наблюдений;

–среднеквадратичное отклонение результата измерения по формуле

$$S_L = \frac{100 S n^{-0,5}}{L}\,. \quad (4)$$

Случайную составляющую погрешности результата измерения находили по формуле

$$\varepsilon = 3,182\ S_L\,. \quad (5)$$

Для оценки суммарной погрешности результата измерения рассматривали величину

$$\chi = \frac{\theta}{S_L}\,. \quad (6)$$

В случае если $\chi < 0{,}8$, то суммарную погрешность Δ принимали равной случайной составляющей погрешности ε, т.е. $\Delta=\tilde{\varepsilon}$.

В случае если $\chi > 8{,}0$, то суммарную погрешность Δ принимали равной неисключенной составляющей погрешности θ.

Когда $0{,}8 < \chi < 8{,}0$, то погрешность результата измерений находили по формуле:

$$\Delta = KS_\Sigma\,, \tag{7}$$

$$S_\Sigma = \left(\frac{\theta_Ш^2}{3} + \frac{\theta_И^2}{3} + \frac{S^2}{L^*}\right)^{0,5}, \tag{8}$$

$$K = \frac{\varepsilon + \theta}{S_L + \left(\frac{\theta_Ш^2}{3} + \frac{\theta_И^2}{3}\right)^{0,5}}\,. \tag{9}$$

Оценка погрешности результатов измерений уровней виброскорости представлена в табл.2, а уровней звукового давления – в табл.3 (для некоторых октавных полос).

Таблица 2

Оценка погрешности результатов измерений уровней виброскоростей

Номер октавы	Число наблюдений n	Уровень звукового давления L_i, дБ	Среднее арифметическое L, дБ	$\|\Delta L_i\| = \|L_i - L'\|$	$(\Delta L_i)^2$	Среднеквадратичное отклонение результата измерения, S_L	Случайная составляющая погрешности, ε	Неисключенная систематическая погрешность	Оценка, χ	Погрешность измерения Δ,%
7	1	86	87,7	1,7	2,89	0,53	1,69	1,22	2,31	2,62
	2	89		1,3	1,69					
	3	88		0,3	0,09					
3	1	97	96,7	0,3	0,09	0,84	2,67	1,16	1,38	3,25
	2	94		2,7	7,29					
	3	99		2,3	5,29					
1	1	104	106,3	2,3	5,29	0,77	2,45	1,10	1,43	3,05
	2	109		2,7	7,29					
	3	106		0,3	0,09					

Таблица 3

Оценка погрешности результатов измерений уровней звукового давления

Номер октавы	Число наблюдений n	Уровень звукового давления L_i, дБ	Среднее арифметическое L, дБ	$\|\Delta L_i\| = \|L_i - L'\|$	$(\Delta L_i)^2$	Среднеквадратичное отклонение результата измерения, S_L	Случайная составляющая погрешности ε	Неисключенная систематическая погрешность θ	Оценка, χ	Погрешность измерения Δ,%
9	1	96	97,6	1,6	2,56	2,24	7,14	1,54	0,69	7,14
	2	99		1,4	1,96					
	3	98		0,4	0,16					

В результате выполненной оценки установлено, что максимальная относительная погрешность измерений уровней звукового давления при проведении экспериментальных исследований составляет 7,14%, а уровней виброскорости – 3,25% при доверительной вероятности 0,95.

Выводы. Анализ результатов экспериментов позволяет сделать заключение о достаточно высокой интенсивности процессов вибро- и шумообразования всей несущей системы стенда. Условия возбуждения вибрации и

компоновка стенда таковы, что для данного вида оборудования характерен чисто структурный шум. Столь высокие уровни излучаемого шума, большие габаритные размеры излучающих звук поверхностей практически полностью исключают возможность достижения санитарных норм шума путем снижения интенсивности звукового излучения самого стенда методами вибропоглощения. Фактически единственным практически достижимым способом обеспечения норматива является разработка конструкции и акустический расчет системы шумозащиты, которая должна обеспечить частотнозависимые величины звукоизоляции, которые показаны на (рис.5).

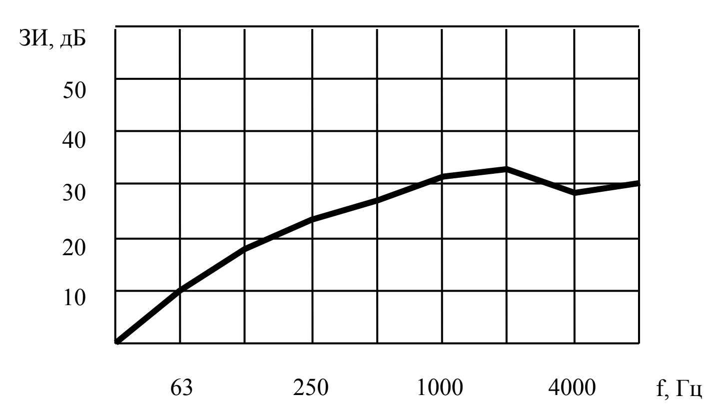


Рис.5. Потребная звукоизолирующая способность системы шумозащиты

Проведенные экспериментальные исследования позволили выявить особенности процесса шумообразования стенда для виброударного упрочнения труб лонжеронов, диапазоны частот и величины превышения фактических уровней шума над предельно допустимыми значениями, а на этой основе сформулировать требования по акустической эффективности системы шумозащиты операторов.

Материал поступил в редакцию 9.10.08.

S.A.SHAMSHURA

INSTITUTE OF MANAGEMENT AND INNOVATION OF THE AVIATION INDUSTRY

Sites of vibro-shock hardening of products are characterised by the raised levels of vibration and radiated noise. Experimental researches have shown characteristic for the given type of the equipment of feature виброакустических characteristics and their results can be used for a choice technical decisions of system of vibro-protection of operators.

ШАМШУРА Сергей Александрович (р.1977), доцент кафедры «Вертолетостроение» Института управления и инноваций авиационной промышленности, кандидат технических наук (2006). Окончил Ростовский государственный университет путей сообщения в 1999 году. В 2000 году окончил вечернее отделение механико-математического факультета Ростовского государственного университета.
Имеет 20 научных публикаций.

dkoryru@dstu.edu.ru